

УДК 553.493(5+6):338.262.4

Быховский Л.З., Потанин С.Д., Котельников Е.И.
(ФГБУ «ВИМС»)**О ПЕРСПЕКТИВАХ И ОЧЕРЕДНОСТИ ОСВОЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕДКО-
ЗЕМЕЛЬНОГО И СКАНДИЕВОГО СЫРЬЯ РОССИИ**

*Приведены сведения о состоянии отечественной минерально-сырьевой базы редкоземельных металлов (РЗМ) и скандия. Выделены реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного и скандиевого сырья. Отмечено, что перспективными и возможно даже реальными источниками РЗМ и скандия могут стать техногенные образования: красные шламы и фосфогипс. Сделан вывод о том, что имеющаяся МСБ совместно с техногенными образованиями позволит не только удовлетворить потребности отечественной промышленности, но и позволит России выйти на мировой рынок. **Ключевые слова:** минерально-сырьевая база (МСБ), месторождения, редкоземельные металлы (РЗМ), скандий, технология обогащения, концентраты, фосфогипс, красные шламы.*

Bykhovskiy L.Z., Potanin S.D., Kotelnikov E.I. (VIMS)
PROSPECTS AND PRIORITY DEVELOPMENT MINERAL
POTENTIAL OF RARE EARTHS AND SCANDIUM RAW
RUSSIA

*There are given information about the state of the domestic mineral resources base of rare earth metals (RZM) and scandium. There are marked real, potential and promising sources of rare earth raw materials and scandium. It was noted that the perspective and perhaps even real sources of rare-earth metals and scandium may be a man-made formation: red mud and phosphogypsum. It was concluded that the existing MSB together with man-made structures will not only meet the domestic needs of the industry, but also enable Russia to enter the world market. **Keywords:** mineral resources (MSB), deposits, rare earth metals (RZM), scandium, enrichment technology, concentrates, phosphogypsum, red sludge.*

Россия располагает мощным минерально-сырьевым потенциалом редкоземельных металлов и скандия, в том числе минерально-сырьевой базой. Распоряжением Правительства РФ Sc, Y и лантаноиды иттриевой группы отнесены к стратегическим видам минерального сырья. Следует согласиться с мнением А.Ф. Карпузова о том, что «вероятность открытия новых уникальных месторождений практически по всем видам сырья в известных горнорудных районах с развитой инфраструктурой и на доступных для отработки глубинах очень низкая» [8]. Поэтому в первую очередь следует осваивать подготовленные к освоению месторождения, а также выполнить геолого-экономическую оценку месторождений (для объектов с завершённой оценочной стадией ГРП) и наиболее перспективных рудопроявлений, провести необходимые ГРП на техно-

генных образованиях и перевести их в разряд месторождений [10].

Запасы редких земель учтены Госбалансом в 16 месторождениях (рис. 1), в том числе в 4 комплексных месторождениях, в которых редкоземельные металлы находятся в качестве основного компонента (Ловозерское, Катугинское, Томторское и Чуктуконское), в 12 месторождениях, в которых редкоземельные металлы (РЗМ) относятся к попутным компонентам (80 % запасов кат. А+В+С₁+С₂), в том числе 9 месторождений апатитовых руд (8 хибинских и Селигдарское), титановое (Ярега), ниобий-танталовое (Улуг-Танзек) и техногенное (кулариты).

Из 16 месторождений РЗМ в настоящее время разрабатывается только одно месторождение — Ловозерское, где редкие земли, наряду с танталом и ниобием, являются основным полезным компонентом и семь месторождений апатитовых руд, где РЗМ — попутный компонент. Сегодня здесь редкие земли почти не извлекаются, но зато активно списываются с Госбаланса. Перспективы их масштабного освоения связаны, прежде всего, с достижениями в разработке инновационных технологий переработки и комплексного использования руд [3]. В месторождениях апатитовых руд заключено 80,9 % запасов ΣTR_2O_3 кат. А+В+С₁ и 57,1 % кат. А+В+С₁+С₂. В комплексных редкометалльных месторождениях, наряду с ниобием, часто танталом, иногда цирконием, скандием, криолитом и другими, заключено 2,4 % запасов ΣTR_2O_3 кат. А+В+С₁ и 42,8 % кат. А+В+С₁+С₂. Структура запасов РЗМ России отражена на рис. 2.

Россия располагает весьма значительными прогнозными ресурсами редкоземельных металлов по кат. P₁+P₂, учтенных в 10 объектах; также крупные ресурсы известны в техногенных образованиях: красных шламах, фосфогипсе.

Месторождения скандия в России одни из крупнейших в мире и имеют весьма значительные запасы и прогнозны ресурсы скандиевого сырья. Запасы учтены Госбалансом в 6 месторождениях (рис. 1). Реально скандий может производиться из титановых концентратов Туганского месторождения и руд Томторского месторождения. Перспективно извлечение скандия из растворов при обработке пластово-инфильтрационных месторождений урана, из красных шламов — отходов алюминиевого производства, а также из пироксеновых хвостов обогащения железных руд Качканарского ГОКа [5].

Среди месторождений, учтенных Госбалансом, потенциальных месторождений с авторскими запасами и объектов с прогнозными ресурсами (апробированными и авторскими), а также среди техногенных образований можно выделить реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного и скандиевого сырья.

Реальные источники редкоземельного сырья — разрабатываемые месторождения (Ловозерское, 7 хибин-



Рис. 1. Размещение основных месторождений редкоземельных металлов и скандия на территории Российской Федерации

ских апатитовых месторождений с попутными редкими землями), а также детально разведанное, подготовленное для промышленного освоения и находящееся в распределенном фонде недр — Катунгское месторождение.

Ловозерское месторождение в Мурманской области разрабатывается с 1951 г. Это крупное комплексное месторождение (Ta, Nb, TR, Ti), лопаритовые руды которого содержат в среднем (в %): TR_2O_3 — 1,12; Ta_2O_5 — 0,02; Nb_2O_5 — 0,24; TiO_2 — 1,29; Sr — 0,08. Оработку месторождения ведет ООО «Ловозерский ГОК» с получением лопаритового концентрата, содержащего (в %): TR_2O_3 — 30,5–36; Ta_2O_5 — 0,6–0,7; Nb_2O_5 — 7,3–8,7; SrO — 1,0–3,0; TiO_2 — 39,0–40,4; ThO_2 — 0,5–0,7. Переработка руды производится на обогатительной фабрике. В 2014 г. было переработано 372,12 тыс. т товарной руды и произведено 7,3 тыс. т лопаритового концентрата, содержащего 96,7 % лопарита. Содержание лопарита в перерабатываемой руде — 2,38 %. Используется гравитационная схема обогащения с получением 50–60 % черного концентрата, а затем его доводка на электромагнитных и электростатических сепараторах с получением 95 % товарного концентрата. Извлечение лопарита в концентрат составило 79,8 %.

Химико-металлургическая переработка лопаритового концентрата ведется на Соликамском магниевом заводе по хлорной технологии с получением технических пентоксидов и чистых металлов тантала, ниобия, индивидуальных оксидов и соединений РЗМ цериевой группы и титановой губки. Сплав хлоридов РЗМ после растворения и обесфосфоривания разделяется на РЗМ иттриевой и цериевой групп. Из первой получают оксиды европия и самария с дальнейшим получением металлического самария, из второй — индивидуальные оксиды РЗМ, соли электролитического производства и чистые металлы. Стронций и торий не извлекаются. Почти вся редкоземельная продукция экспортируется.

Экономическая эффективность Ловозерского ГОКа очень низкая вследствие снижения (более чем в 3 раза)

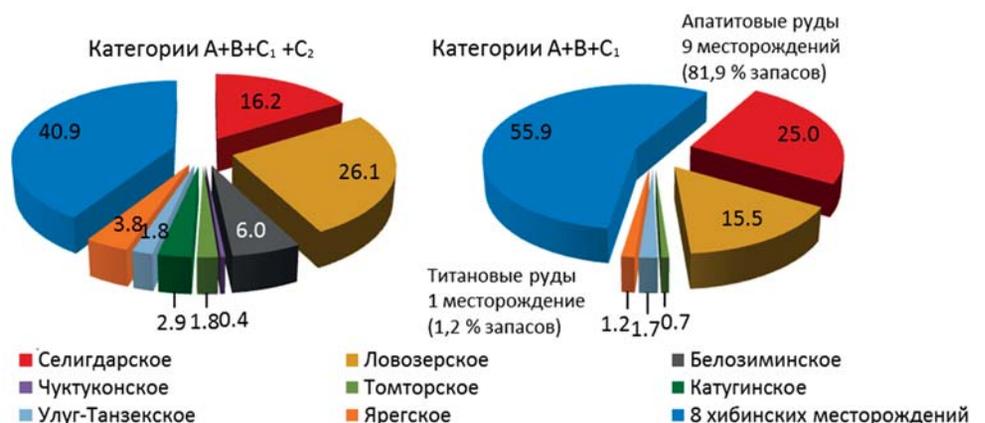


Рис. 2. Структура запасов редкоземельных металлов России по состоянию на 01.01.2015 г.

производства концентратов после закрытия рудника Умбозеро, произошедшего из-за невысокого качества концентратов, ухудшения горно-геологических условий эксплуатации месторождения, а также ряда других факторов.

Другим реальным источником редкоземельных металлов являются апатитовые концентраты хибинских нефелин-apatитовых месторождений, в которых РЗМ — попутные компоненты [1, 3].

В 2014 г. из апатит-нефелиновых месторождений было добыто 82,4 тыс. т TR_2O_3 . Извлечение РЗМ из апатитовых концентратов производилось в очень незначительных масштабах. Но вместе с тем они могут рассматриваться в качестве перспективного источника редких земель как цериевой, так и иттриевой группы. В настоящее время построена опытно-промышленная установка по извлечению TR из апатитовых концентратов, перерабатываемых по серно-кислотной схеме (из ЭФК, куда переходит ~50–60 % TR_2O_3 , а остальное в фосфогипс) в г. Чепецк, мощность — 12 т/год TR_2O_3 . Завершается строительство подобной установки по извлечению TR из апатитовых концентратов, перерабатываемых по азотно-кислотной схеме в г. Новгород, мощность — 200 т/год TR_2O_3 . Апатитовые концентраты перерабатываются по двум технологиям вскрытия — азотно-кислотной и серно-кислотной (~80 % концентратов). Комплексная азотно-кислотная переработка дает возможность получать наряду с азотными и фосфатными удобрениями концентрат РЗМ и стронций (рис. 3). Возможности производства товарной продукции при комплексной переработке апатитовых концентратов хибинских месторождений приведены в таблице 1.



Рис. 3. Схема комплексного использования апатитовых концентратов при разных системах их вскрытия

Таблица 1
Возможное производство товарной продукции при комплексной переработке апатитовых концентратов хибинских месторождений

Ежегодный выпуск перерабатываемого апатитового концентрата	Объем, млн. т	Ежегодный выпуск товарной продукции, тыс. т		
		TR_2O_3	SrO	Фторидные соли
По азотно-кислотной технологии (извлечение РЗМ — 60 %)	До 1,0–1,5	6–9	15–22	20–30
По серно-кислотной технологии (извлечение РЗМ — 40 %)	7,0–8,5	28–34	42–51	—
Итого	8–10	34–43	57–73	20–30

Катугинское месторождение комплексных редкометалльных руд (Nb, Ta, TR и др.) расположено на севере Забайкальского края в 80 км южнее ж.-д. ст. Новая Чара (БАМ) и в 50 км юго-восточнее Удоканского месторождения меди [1, 2].

На месторождении выделены 2 промышленных типа руд — танталовые (редкометалльные) и иттриевые. Редкометалльные рудные тела оконтурены по бортовому содержанию — 0,006 % Ta_2O_5 , иттриевые — 0,1 % Y_2O_3 . По количеству разведанных в контуре карьера запасов тантала месторождение относится к крупным. Средние содержания Ta_2O_5 и Nb_2O_5 в редкометалльных рудах составляют 0,02 и 0,347 % соответственно (кат. В+С₁). По кат. С₂ посчитаны запасы редкоземельных металлов при среднем содержании 0,348 % TR_2O_3 , в том числе 0,16 % Y_2O_3 . В этих же рудах по кат. С₁ и С₂ посчитаны запасы ZrO_2 при среднем содержании 1,6 % ZrO_2 , а также криолита. В иттриевых рудах основным полезным компонентом являются редкие земли с запасами, подсчитанными по кат. С₂ со средним содержанием 0,59 % TR_2O_3 , в том числе иттрия — 0,19 % Y_2O_3 . Содержание других полезных компонентов — Ta, Nb, Zr — низкое, так же как и незначительны их запасы в этих рудах.

Технология обогащения руд разработана в ВИМСе в 1970-е годы, проверена в опытно-промышленном масштабе с получением пирохлорового (Nb, Ta), цирконового (Zr) и гагаринит-иттрий-флюоритового (TR) концентратов и может быть усовершенствована. Преимуществом объекта являются высокая доля иттриевой группы (~50 %) в РЗМ-концентрате и его приуроченность к осваиваемому горнопромышленному узлу региона, включающему Удоканское медное, Чинейское

Ti-Fe-V и Pd-Cu, Апатское угольное и другие месторождения. Возможности производства РЗМ, Sc и другой товарной продукции при освоении комплексных редкометалльных месторождений приводятся в таблице 2.

Томторское месторождение расположено на севере Республики Саха (Якутия), в экономически не освоенном районе, в 110 км от пос. Эбелях. Оруденение локализовано в переотложенных и эпигенетически измененных корках выветривания карбонатитов [6, 9, 12].

На участке месторождения Буранный проведены оценочные работы. Запасы подсчитывались при бортовом содержании 3,5 % Nb_2O_5 и по ниобию составляют около 9 % от общих запасов участка. Утвержденные ГКЗ запасы сухой руды по кат. В+С₁ — 1,2 млн. т, Nb_2O_5 — 79 тыс. т, Y_2O_3 — 7 тыс. т,

Таблица 2
Возможное производство товарной продукции при освоении Ta, Nb, TR месторождений

Месторождение	Мощность по переработке руд, тыс. т/год	Выпуск товарной продукции, т/год			
		TR ₂ O ₃	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Другая продукция
Ловозерское	500	3300	70	870	TiO ₂ ~4200
Катугинское	600 (1-й этап)	1370	62	1150	ZrO ₂ — 6900~20000
	3000 (2-й этап)	5700	230–250	~4800	
Томторское	150	10350	—	8700	Sc ₂ O ₃ — 57
Чуктуконское	150	3100	—	1300	MnO ₂ — 10000
Итого		18120 (1-й этап)	132 (1-й этап)	12020 (1-й этап)	—
		22450 (2-й этап)	300-320 (2-й этап)	15670 (2-й этап)	

Sc₂O₃ — 560 т, Ln₂O₃ — 112 тыс. т. Содержание (%): Nb₂O₅ — 6,71; Y₂O₃ — 0,595; Sc₂O₃ — 0,048; Ln₂O₃ — 9,53 (расчеты выполнены для сухой руды при влажности в недрах 21,13 %).

При постановке запасов на Госбаланс была учтена влажность руды, и поэтому содержания полезных компонентов соответственно понижены и составляют, в частности, для суммы оксидов РЗМ (включая иттрий) — 7,98 %, что отражено в отдельных публикациях [6, 13]. Прогнозные ресурсы по Буранному участку — 100 млн. т руды по кат. Р₁, при содержании (%): TR₂O₃ — 8,2; Nb₂O₅ — 1,5; Sc₂O₃ — 0,05.

На Томторском месторождении в настоящее время ведутся работы разведочной стадии с опытно-промышленной отработкой. Госэкспертизой утвержден проект добычи руды в объеме 150 тыс. т на 3 года. Первый год — 30 тыс. т, второй и третий годы по 60 тыс. т руды. Проектируемый ГОК с производительностью 150 тыс. т/год по руде предполагается ввести в освоение в 2022 г. Однако получение товарной продукции остается проблематичным, так как на сегодня отсутствует технология переработки руд. Необходима ее разработка и проведение полузаводских испытаний. Отметим, что в лицензионном соглашении ЯКУ 15763 ТЭ от 06.08.2014 г., п. 3.1-з «...предусмотрено создание перерабатывающих мощностей по получению продукции высокой степени передела (высокочистые соединения, металлы и сплавы индивидуальных редкоземельных элементов, ниобия и скандия) на территории Российской Федерации». Продать руду (фактически черновой концентрат) можно только за рубеж. Смысл добычи руды в таком количестве (табл. 2) без возможности реализации теряет смысл. Отметим, что в России отсутствует

производство индивидуальных редкоземельных металлов.

Реальными источниками РЗМ являются также **монацитовые концентраты** Госрезерва в количестве 82 тыс. т, хранящиеся в Красноуфимске Свердловской области, которые находятся в распределенном фонде недр; монацит из комплексных титаноциркониевых россыпей Туганского месторождения в Томской области; куларит (разновидность монацита с повышенным содержанием европия и низ-

ким — тория) из техногенного месторождения хвостов обогащения золотоносных россыпей Куларского района Республики Саха (Якутия). Возможное производство товарной продукции из монацитовых концентратов показано в таблице 3.

Потенциальные источники редкоземельного сырья — месторождения, на которых завершены геологоразведочные работы (ГРП) оценочной стадии, разработаны временные кондиции, запасы утверждены ГКЗ и учтены Госбалансом, обоснована целесообразность проведения на них ГРП разведочной стадии (Чуктуконское месторождение).

Чуктуконское месторождение расположено в Красноярском крае. Оруденение связано с латеритными корами выветривания (КВ) карбонатитов [9]. Перспективы освоения месторождения зависят от реализации проекта развития Нижнего Приангарья. Основные рудные минералы — монацит, флоренсит, пироклор, пиролюзит, гидрогетит. Запасы подсчитывались при бортовом содержании TR₂O₃ — 3 %. Среднее содержание (%): Nb₂O₅ — 0,99 (в утвержденных запасах — 0,60), TR₂O₃ — 5,11–5,34 (в утвержденных запасах — 7,32), MnO₂ — 4,4–5,0 (в утвержденных запасах — 15,5). Руды

Таблица 3
Возможное производство товарной продукции из монацитовых концентратов Госрезерва и из россыпей

Источник концентрата	Запасы монацита/ TR ₂ O ₃ , тыс. т	Ежегодное производство монацита/TR ₂ O ₃ , т	Примечание
Государственный резерв (Красноуфимск)	72/40	4000–8000/ 2000–4000	—
Хвосты обогащения золотых россыпей в Куларском районе Республики Саха (Якутия) и золотокуларитовые россыпи	>6/~3 (1,3 тыс. т на Госбалансе)	540/270	При переработке 250 тыс. м ³ песков в год (Гиредмет, 1990)
Туганское титаноциркониевое россыпное месторождение	63/31	4000/2000	При добыче 4 млн. м ³ /год (ТЭО кондиций, 1991)
Итого	143/74	8540–12540/ 4270–6270	—

характеризуются повышенным содержанием Fe_2O_3 (45–60 %), MnO_2 (5–20 %), P_2O_5 (6–10 до 14 %), V_2O_5 (0,1–0,25 %), Sc_2O_3 (30–100 г/т) и ряда других компонентов.

Основными полезными компонентами руд являются редкие земли и ниобий, попутными — марганец, железо и, вероятно, скандий. В охристой зоне КВ выделяются два основных типа руд: собственно охры и фосфатизированные охры, различающиеся содержаниями Fe_2O_3 , P_2O_5 , CaO и ряда других компонентов. По редкометалльной специализации среди охристых руд замечаются редкоземельные ($\text{Nb}_2\text{O}_5 < 0,5 \%$, $\text{TR}_2\text{O}_3 > 1,5 \%$), редкоземельно-ниобиевые ($\text{Nb}_2\text{O}_5 > 0,5 \%$, $\text{TR}_2\text{O}_3 > 1,5 \%$) и ниобиевые ($\text{Nb}_2\text{O}_5 > 0,5 \%$, $\text{TR}_2\text{O}_3 < 1,5 \%$).

К условно потенциальным можно отнести разведанные месторождения, подготовленные к промышленному освоению, учтенные Госбалансом и находящиеся в нераспределенном фонде недр — комплексные редкометалльные Белозиминское, Улуг-Танзекское и апатитовое Селигдарское. Из этих объектов наиболее вероятно освоение Белозиминского месторождения, как комплексного фосфор-ниобиевого месторождения с самыми богатыми по содержанию P_2O_5 (~15 %) рудами в Азиатской части России [11].

Среди **перспективных источников** редкоземельного сырья можно выделить месторождения с незавершенной стадией геологоразведочных работ: Кийское редкоземельное потенциальное месторождение; фосфорурановые с попутными РЗМ месторождения Калмыкии; перовскит-титаномангнетитовые руды Африканды; ортитовые руды Южно-Богатырского потенциального месторождения; эвдиалитовые руды Ловозерского массива апатитовых нефелиновых сиенитов и металлоносные угли. Особый интерес вызывает эвдиалит не только как источник циркония (содержание 12 % ZrO_2), но и РЗМ (содержание около 2 %), в которых около 40 % составляют металлы иттриевой группы. За рубежом ведутся активные ГРП и уже проектируется отработка, хотя основные запасы эвдиалита находятся на Кольском п-ове. Перспективными, а возможно и потенциальными и реальными источниками получения РЗМ и скандия, в достаточно короткие сроки (3–5 лет) могут стать техногенные образования: красные шламы и фосфогипс [4].

Возможность и экономическая целесообразность извлечения скандия и РЗМ из **красных шламов** обсуждались еще почти полвека назад, и тогда же отмечалось, что это возможно только в случае утилизации большей части этих отходов, которых накоплено более 200 млн. т. Но только в 2013 г. ОК РУСАЛ выпустил на Уральском алюминиевом заводе опытную партию продукции с использованием красного шлама — флюсовые добавки. В 2014 г. запланировано получение первичного скандиевого концентрата. Мощность установки по его получению составит 2 т/год.

При переработке апатитовых концентратов хибинских месторождений примерно 50 % TR_2O_3 переходят в фосфогипс, содержание оксидов РЗМ в котором со-

ставляет около 0,5 %. Скопления фосфогипса в отвалах перерабатывающих апатитовые концентраты предприятий превышает 250 млн. т. Условием рентабельного использования этих образований является разработка безотходной (или малоотходной) технологии, при которой РЗМ будут одним из основных или попутных полезных компонентов.

Таким образом, минерально-сырьевая база России (табл. 4) позволяет довести производство редкоземельных продуктов из реальных источников до 58 560 т, т.е. около половины и более мирового потребления (125 тыс. т/год).

Это же касается и скандия. Если учесть возможное производство редких земель и скандия из техногенных образований красных шламов и фосфогипса, которые могут достичь десятков тонн Sc и более 100 тыс. т РЗМ, то возникает вопрос о реализации всей этой продукции. Соответственно, необходим выбор наиболее экономически выгодных вариантов из возможных сырьевых источников, что представляется крайне сложной задачей. Все источники, в том числе и техногенные, представлены комплексными рудами и реализация всего спектра полученных товарных продуктов затруднительна. Отпускная цена (соответственно, себестоимость получения) редкоземельной и скандиевой продукции без реализации всей гаммы (или основной ее части) резко повысится и товарная продукция вряд ли будет конкурентноспособной на мировом рынке.

Таким образом, достаточно реальны существующие возможности производства РЗМ и скандия, значительно превышающие предполагаемые потребности отечественной промышленности и большей частью могут ориентироваться только на экспорт. Однако на мировом рынке монополистами на ниобиевое сырье является Бразилия, а на редкоземельное сырье — Китай. Выйти на эти рынки далеко не простая задача. На скандиевом рынке СССР занимал ведущее место, но и сегодня Россия остается в числе лидеров. Эта ниша еще сравнительно свободна (ближайшие конкуренты — Китай, Украина и Казахстан). Вместе с тем, геологоразведочные работы на скандиевое сырье активно проводятся в настоящее время в Канаде, Австралии и Гренландии. Некоторые из выявленных месторождений уже подготовлены к промышленному освоению.

Потребность отечественной промышленности на перспективу в 2020–2025 гг. в РЗМ и скандии достоверно не установлена. По разным оценкам ежегодная потребность в редких землях оценивается от 5 до 20 тыс. т (наиболее вероятно — 8 тыс. т), а в скандии от 500 кг до 5 т. Так как на мировом рынке ожидается увеличение спроса на РЗМ и Sc продукцию, потребность в данном виде сырья может быть существенно увеличена с учетом возможности экспорта. Редкоземельный бум, начавшийся в 2010 г., перешедший в скандиевый бум,

Таблица 4
Возможное производство редкоземельной продукции из реальных источников

Объемы производства TR продукции из различного сырья, т			Всего, т
апатиты	комплексные руды	монацит	
34 000	22 650	2 000	58 650

вызвал во всем мире острый интерес к возможным источникам этих металлов. Причем, если редкометалльный бум пошел сегодня на спад, то скандиевый находится в самом разгаре [3, 7].

Многообразие сырьевых источников, включая техногенные образования, позволяет покрыть все потребности в РЗМ и скандии. Поэтому разработка рациональной технологии извлечения данных полезных компонентов из различных видов сырья, а соответственно, себестоимость получения первой товарной продукции определит очередность и целесообразность освоения месторождений. Комплексный характер подавляющего числа месторождений и разнообразие видов минерального сырья сильно осложняет вовлечение месторождений в промышленное освоение, когда из нескольких (4–8) и более видов товарной продукции можно реализовать лишь часть из них. При этом для достижения приемлемого уровня рентабельности необходима реализация всего спектра товарной продукции (или большей его части). Это же касается и лантаноидов при дефиците отдельных металлов и переизбытке других. Вместе с тем, наиболее востребованными и дефицитными среди лантаноидов являются неодим, празеодим, относящиеся к цериевой группе, и европий — иттриевой группы. Избыток La и Ce вызывает необходимость искать новые области их применения.

Таким образом, выполненная попытка ранжирования месторождений редких земель и скандия по возможным срокам их освоения позволят утверждать, что имеющаяся минерально-сырьевая база, совместно с техногенными образованиями и значительными прогнозными ресурсами, позволит не только полностью удовлетворить прогнозируемые потребности отечественной промышленности, но и даст России возможность выйти с редкоземельной, скандиевой и другой редкометалльной продукцией на мировой рынок в качестве крупного игрока.

Развитая добыча и переработка руд TR и Sc невозможна без господдержки, как это делается почти во всем мире, только совместные усилия государства и бизнеса могут принести положительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Архангельская, В.В.* Руды редкоземельных металлов России / В.В. Архангельская, Н.Н. Лагонский, Т.Ю. Усова, Л.Б. Чистов // «Минеральное сырье». Сер. геол.-эконом. — № 19. — М.: ВИМС. — 2006. — 72 с.
2. *Архангельская, В.В.* Геологическое строение и минералогия месторождений тантала России / В.В. Архангельская, В.В. Рябцев, Т.Н. Шурига // «Минеральное сырье» — № 25. — М.: ВИМС. — 2012. — 318 с.
3. *Быховский, Л.З.* Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России / Л.З. Быховский // Минеральные ресурсы России, экономика и управление. — 2014. — № 4. — С. 2–8.
4. *Быховский, Л.З.* Техногенные месторождения и образования редких металлов России / Л.З. Быховский, Л.В. Спорыхина, С.И. Ануфриева // Рациональное освоение недр. — 2014. — № 3. — С. 14–22.
5. *Быховский, Л.З.* Скандий России: перспективы освоения минерально-сырьевой базы и развития производства / Л.З. Быховский, В.В. Архангельская, Л.П. Тигунов, С.И. Ануфриева // «Минеральное сырье». Сер. геол.-эконом. — № 22. — М.: ВИМС. — 2007. — 52 с.
6. *Быховский, Л.З.* Задачи дальнейшего изучения Томторского рудного поля с целью повышения его инвестиционной привлекательности / Л.З. Быховский, Е.И. Котельников, Е.Г. Лихникевич, В.С. Пикалова // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 20–25.
7. *Голубев, А.В.* Скандий. Очень прибыльный металл / А.В. Голубев // Редкие земли. — 2014. — № 2. — С. 90–93.

8. *Карпузов, А.Ф.* Минерально-сырьевое могущество России: миф или реальность? / А.Ф. Карпузов // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 5. — С. 9–15.
9. *Лапин, А.В.* Месторождения кор выветривания карбонатов. / А.В. Лапин, А.В. Толстов. — М.: Наука, 1995. — 208 с.
10. *Машковцев, Г.А.* Перспективы рационального освоения комплексных ниобий-тантал-редкоземельных месторождений России / Г.А. Машковцев, Л.З. Быховский, А.А. Рогожин, А.В. Темнов // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 6. — С. 9–13.
11. *Темнов, А.В.* Сценарии реализации минерально-сырьевого потенциала комплексных редкометалльных месторождений Зиминского рудного района / Темнов А.В., Пикалова В.С. // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 7. — С. 54–60.
12. *Толстов, А.В.* Особенности формирования уникального редкометалльного месторождения Томтор и оценка перспектив его освоения / А.В. Толстов, А.Д. Коноплев, В.И. Кузьмин // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 6. — С. 20–26.
13. *Усова, Т.Ю.* Редкоземельные металлы / Усова Т.Ю., Кониная Е.О. // Редкие металлы на мировом рынке. — М.: ИМГРЭ, 2008. — Книга 1. — С. 83–113.

© Быховский Л.З., Потанин С.Д., Котельников Е.И., 2016

Быховский Лев Залманович // vims@df.ru
Потанин Сергей Дмитриевич // vims@df.ru
Котельников Евгений Иванович // kotelnikov_ei@rambler.ru

УДК 553.3.071:553.041

Чернова А.Д. (ФГБУ «ВИМС»)

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОЕКТОВ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ И ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО МСБ МЕТАЛЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ

*Геологоразведочные работы на металлы платиновой группы ведутся как в традиционных платинодобывающих регионах, так и в тех регионах, где добыча платиноидов пока не ведется. Дан обзор мировой сырьевой базы платиноидов и рассмотрены геологоразведочные работы разных стадий в большинстве регионов, где выявлены и разрабатываются месторождения металлов платиновой группы. **Ключевые слова:** металлы платиновой группы, сырьевая база, геологоразведочные работы, освоение месторождений.*

Chernova A.D. (VIMS)

THE REVIEW OF FOREIGN PROJECTS EXPLORATION AND DEVELOPMENT PROJECT, AIMED AT REPRODUCTION MSB PLATINUM GROUP METALS

*There were prospecting for platinum group metals are conducted in traditional platinum mining regions, and in regions where the production of platinum is not conducted. There was a review of the global resource base and platinum group metals are considered exploration of different stages in most regions where identified and developed deposits of platinum group metals. **Keywords:** platinum group metals, raw materials, exploration, field development.*

Металлы платиновой группы (МПГ) востребованы во многих областях промышленности благодаря ряду ценных свойств, таких, как устойчивость к коррозионным процессам, высокая температура плавления, и, самое главное, каталитические свойства. Основное потребление платиноидов приходится на две промышленные отрасли — автомобилестроительную, где спла-